技術資料

船用パッケージ型空調装置 の冷却管の腐食対策*

機関研究委員会
機関第三研究部会

Countermeasure to Cooling Tube Corrosion
of Marine Packaged Air Conditioner

By Machinery Plant Committee Group 3

Recently, damage reports of packaged air conditioner due to corrosion of tubes have been remarkably increasing.

Judging from the condition of damaged coolers, the corrosion is caused by overvelocity of cooling water through tubes.

This paper gives some countermeasure to avoid overvelocity.

1. ま え が き

本資料は、日本舶用機関学会機関研究委員会第三部会の昭和59年度研究議題「制御室用パッケージ型エアコンの冷却器の防食対策」としてとりまとめられ、昭和60年6月をもって終了した。

パッケージ型エアコン(以降エアコンと略す)は、現在まで船舶に多数装備されてきた。そのような状況の中で、特にこの2～3年の間に、エアコンの冷却器用冷却管や管板が腐食し、冷却水が漏洩するという事故が多発している。そこで、本研究部会所属各社に対し、漏洩事故の数、状態などについて実情調査を行い、その結果に基づいて対策をとりまとめた。

2. 漏洩事故の状況

各社に対して行ったアンケートの結果、事故の状況は大略次のようにまとめることができる。

- 1) 漏洩事故の発生時期は、大体本船就航後3か月～1年以内である。
- 2) 漏洩箇所は、冷却海水入口側の冷却管端部付近(約40～150mm)及び管板に現われており、冷却管には小孔があいている。
- 3) エアコンに接続されている冷却海水管の材質及び内面処理は、SGP+ポリライニングとSTPG38(SCH40)+亜鉛メッキがあり、接続管材質や内面処理による差異はあまり認められないようである。
- 4) 冷却管材質については、漏洩のあったエアコンの全てがアルミブラス管であり、防食板については、冷却

* 原稿受付 昭和60年12月30日

器の各部材質が同種系統の金属で作られているため防食板は不要ということで、装備されていない。

5) エアコン用冷却海水は、海水サービスポンプなどのような複数の水系統に供給できるポンプから供給されている場合が多く、使用状況によっては、エアコンに多量の冷却海水が流れる場合がある。

6) エアコンが喫水よりも十分高い位置に設置されている場合、または、この冷却海水吐出管と居住区空調装置の冷却海水吐出管と共用している場合、冷却海水の落下によるエゼクタ現象のため、エアコンへ計画水量以上の過流量が流れている場合がある。

3. 漏洩事故の原因

過去、多数のエアコンが船舶に装備されたが、漏洩事故の報告例はあまり聞けなかった。ところが最近かなりの数の事故が報告されている。これらの一因としては、エアコンの冷却器の構造材質などの変更も考えられるが、それ以外の原因としては、下記のようなことが考えられる。

- 1) 流速過大による潰食(インレットアタック)
- 2) 流速過大による損傷(キャビテーション)
- 3) 夾雑物(砂、小石など)による潰食
- 4) 付着物(貝、海藻など)による腐食
- 5) 汚染海水による腐食
- 6) 複合要因による腐食、損傷

冷却管の漏洩箇所の発生位置及びその状態からみて、流速過大や流体中の不純物などが複合的に作用して、発生したものと考えられるが、その中でも主原因としては、

- 1)の流速過大による潰食(インレットアタック)や、2)

の流速過大による損傷(キャビテーション)が考えられる。

4. 対 策

対策としては、冷却器本体の対策と配管系統の改善による対策を示すこととする。

4.1 冷却器本体の対策 メーカーの対応については、各社それぞれ異なっている。例えば、A社は冷却水の流量が多少増えても過流速にならないように、余裕を持たせた冷却器にモデルチェンジしようとしている(既に変更されているものもある)。また、B社は流量を制限するために、定流量制御弁やオリフィスの設置をリコメンドしている。

このように対策はまちまちであるが、漏洩を防止するために過流速を避ける点では一致している。

具体的な対策としては、次のようなものがある(メーカーによって採用されている対策は異なる)。

- 1) 冷却器の流速低減(パス数を6パスから4パスに変更)。
- 2) 給水蓋を深くする(犠牲陽極を付けた時の乱流防止)。
- 3) 冷却水出口側にオリフィスを設ける。
- 4) 冷却管の材質変更(アルミブラスからキュープロニッケルに変更)。
- 5) 犠牲陽極の取付け。

4.2 造船所側の対策 造船所で採用できる対策として考えられるのは、冷却水の適正流量の確保である。適正流量を確保するために、下記のような方法が考えられる。

- 1) 定流量調整弁の設置。
 - 2) オリフィスによる流量制限。
 - 3) 出口弁開度による流量調整。
 - 4) 適正な流量配分計画。
 - 5) 高位置からの冷却海水吐出口との共用を避ける。
- これらの方法について、次に説明する。

1) 定流量調整弁 エアコンの規定流量に対して、あらかじめ差圧を定めておく。流量が変化すれば、入口側の圧力とばねの力の差により、水路が自動的に調整されて規定流量になるように作動する。この弁の性能は、初期調整の精度に左右されるので、使用条件を正確に指示しておかないと、付けてもあまり効果がない場合もあるので十分注意が必要である。

2) オリフィスによる流量制限(下記選定例は三菱重工業(株)製“DP-K”型の場合を示す) 過大流量時、オリフィスを通過する際の圧力損失を増大させ水量を制限することを目的とする。

オリフィスを装備するのは、下記の場合を一応の目安とする。

- a) ポンプ容量に余裕があり過ぎる場合。
- b) 船の喫水深さの変化による流量変化が大きい時。
- c) 1台のポンプを複数の水系統に使用しているため

使用台数の増減により、冷却水量が変化するばあい。

ポンプ特性、冷却水各系統ごとの水量、圧力損失が判明しない場合は、目安として下記のオリフィスを組み込むものとする。これらのオリフィスを組み込むことにより、過大流量時、オリフィスでの通過抵抗が急増し、ある程度過大流量を制限することができる。

表1 DP-K型に組み込むオリフィス径の参考例
(ポンプ特性、水路抵抗、流量が不明な場合)

型式 \ 例	A	B
DP-37 K	内径 15 mm	内径 12.5 mm
DP-58 K	内径 17.5 mm	内径 15 mm
DP-88 K	内径 17.5 mm	内径 15 mm
DP-108 K	内径 20 mm	内径 17.5 mm

ポンプ特性や冷却水各系統ごとの水量、圧力損失が判明している場合は次の順序でオリフィス径を決める。

a) “DP-K”に最大流量が流れる使用条件時の水量を求める(他系統の通水量を減じた時、船の喫水が深い時)。

b) “DP-K”に最小水量が流れる使用条件時の水量を求める(他系統で最大水量使用時、船の喫水が浅い時)。

c) ポンプ特性よりa)、b)の水路抵抗を求め、オリフィス抵抗(図2)を上の上せし、オリフィス組み込み後の水量(図1の Q_3)が“DP-K”の使用可能上限水量になるようにオリフィス径を決める。

d) 選定したオリフィスを組み込み、b)の条件(水量 Q_4)で高圧カットしないことを確認する。

3) 出口弁開度による流量調整 この方法は造船所の対策ではなく、ユーザ(乗組員)の協力によらなければ

- Q_1 : オリフィスなしMAX水量
- Q_2 : " MIN水量
- Q_3 : オリフィス組み込み後MAX水量
- Q_4 : " MIN水量
- R_1 : Q_1 時水路抵抗
- R_2 : Q_2 "
- R_3 : Q_3 "
- R_4 : Q_4 "

図1 オリフィン組み込み前後の水量変化
(ポンプ特性、水路抵抗、流量が既知の場合)

図2 オリフィス圧損値

ならないものであるが、流量調整の一手段と考えられるので、ここに記述する。

季節、航路によって冷却海水温度、大気温度が変化するから、それに応じて冷却海水量も流量の規定範囲内で調整することが必要である。したがって、この方法は、環境によって出口弁を調節しなければならないという欠点がある。

適当な冷却水量は、まず冷却水入口温度、エアコン吸

表2 PW-2(V)ASの適正高圧圧力

		kg/cm ² G							
PW-2(V)AS		冷却水入口温度 ℃							
吸込 湿球 温度 ℃	18	10.2	10.9	11.7	12.4	13.2	13.9	14.7	15.4
	20	10.5	11.2	12.0	12.7	13.4	14.1	14.9	15.6
	22	10.8	11.5	12.2	12.9	13.6	14.4	15.1	15.8
	24	11.0	11.8	12.5	13.2	13.9	14.6	15.3	16.0
	26	11.3	12.0	12.7	13.4	14.1	14.8	15.5	16.3
	28	11.4	12.2	12.9	13.6	14.4	15.1	15.8	16.5
	32								

表3 PW-3(V)ASの適正高圧圧力

		kg/cm ² G							
PW-3(V)AS		冷却水入口温度 ℃							
吸込 湿球 温度 ℃	18	11.9	12.7	13.4	14.1	14.9	15.6	16.3	17.1
	20	12.3	13.0	13.7	14.5	15.2	15.9	16.7	17.4
	22	12.6	13.3	14.0	14.8	15.5	16.3	17.0	17.7
	24	12.9	13.6	14.4	15.1	15.9	16.6	17.4	18.1
	26	13.2	14.0	14.8	15.5	16.3	17.0	17.8	18.6
	28	13.6	14.4	15.1	15.9	16.7	17.5	18.2	19.0
	32								

込口での湿球温度及び高圧圧力のそれぞれの値を読み、これらの値をメーカーの作成している水量調整表と照らし合せ、それぞれの温度に対応する適正高圧圧力になるように出口弁開度を調整することによって得られる。

参考例として三菱電機(株)製のパッケージ型エアコンの適正水量調整法を以下に示す。

a) 冷却水入口温度測定

b) 吸込み湿球温度測定 エアコンの吸込口で湿球温度*1を測定する。

c) 適正高圧圧力値読み取り 下表により、冷却水入口温度ならびに吸込湿球温度から高圧圧力値を読み取る。なお適正水量調整表は当該機種のものを利用すること。

d) 運転時の高圧圧力値の読み取り 圧縮機の運転を確認し*2、前面の吸込みグリルを取りはずして、高圧圧力計の値を読み取る。

e) 冷却水流量の調整 適正高圧圧力(表から読み取った値)と運転高圧圧力(圧力計から読み取った値)を比較し、以下の操作により流量を増減して、運転高圧圧力が適正高圧圧力となるように調整する。

イ) 運転高圧圧力が適正高圧圧力より高い場合は、冷却水バルブを開ける。

ロ) 運転高圧圧力が適正高圧圧力より低い場合は、冷却水バルブを絞る。

4) 適正な流量配分計画 一般にエアコンに供給する海水ポンプは、海水サービスポンプや補助冷却海水ポ

表4 PW-5(V)ASの適正高圧圧力

		kg/cm ² G							
PW-5(V)AS		冷却水入口温度 ℃							
吸込 湿球 温度 ℃	18	11.3	11.9	12.6	13.3	14.0	14.7	15.3	16.0
	20	11.4	12.1	12.8	13.5	14.2	14.9	15.6	16.3
	22	11.7	12.4	13.1	13.8	14.5	15.2	15.9	16.6
	24	11.9	12.6	13.3	14.1	14.8	15.5	16.2	16.9
	26	12.2	12.9	13.6	14.4	15.1	15.8	16.5	17.2
	28	12.5	13.2	14.0	14.7	15.4	16.2	16.9	17.7
	32								

表5 PW-8(V)A3Sの適正高圧圧力

		kg/cm ² G							
PW-8(V)A3S		冷却水入口温度 ℃							
吸込 湿球 温度 ℃	18	11.5	12.2	12.9	13.6	14.3	15.0	15.7	16.4
	20	11.7	12.4	13.2	13.9	14.6	15.3	16.0	16.8
	22	11.9	12.7	13.4	14.2	14.9	15.6	16.4	17.1
	24	12.2	12.9	13.7	14.4	15.2	15.9	16.7	17.4
	26	12.5	13.2	14.0	14.7	15.5	16.3	17.0	17.8
	28	12.8	13.5	14.3	15.0	15.8	16.6	17.3	18.1
	32								

*1 湿球温度は温度計の感温部を水で湿らした布、ガーゼ等で包み測定すること。

*2 圧縮機の運転は吹出口から冷風の出ていることで確認できる。

ンプ等の多目的ポンプであり、船の状態（例えば、荷役中、常用航海中など）によって必要海水量が変化する場合が多い。この変化量は発電機関の運転台数分に相当しているのが多く、かなりの変化量である。

ポンプを計画する場合、この変化量をできるだけ少なくなるようにするのが事故を防ぐ有効な手段となる。これはポンプの初期計画で決まるので、十分注意しておくべきである。

5. あとがき

パッケージエアコンには、乗組員及び制御、監視機器類に対して良好な環境を維持するという目的が与えられている。特に最近の高度化しつつある電子機器類は一定

環境下に置かれることが望ましく、この意味からもパッケージエアコンの重要性が増加していると言えることができる。

したがって、冷却管腐食によるパッケージエアコンの事故を防止するために、早期かつ有効な対策が望まれる。

文 献

- 1) 三菱電機株式会社, 船舶用パッケージエアコン冷却水流量調整要領書(昭 57-10)
- 2) 三菱重工業株式会社, 船舶用パッケージエアコン冷却水量の件(昭 58-2)

(担当者 佐世保重工業(株) 青山正臣)